

### Ü1: Automatische Produktionsanlage

Ihr Auftraggeber wünscht sich von Ihnen die Software zur Steuerung der Ihnen bekannten automatischen Produktionsanlage. Folgende Anforderungen müssen dabei unbedingt erfüllt werden:

#### **Einschränkungen des Maschinenaktionsradius**

- 1) Der Roboter darf nicht im Uhrzeigersinn gedreht werden, wenn Arm 1 zur Hebebühne gerichtet ist, und er darf nicht gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, wenn Arm 1 zur Presse gerichtet ist.
- 2) Beide Roboterarme dürfen jeweils nur bewegt werden, bis die entsprechenden Sensoren ansprechen.
- 3) Die Presse darf sich nicht nach unten bewegen, wenn Sensor 5 wahr ist, und sie darf nicht nach oben bewegt werden, wenn Sensor 7 wahr ist.
- 4) Die Hebebühne darf nicht nach unten bewegt werden, wenn Sensor 3 wahr ist, und sie darf nicht nach oben bewegt werden, wenn Sensor 4 wahr ist.
- 5) Die Hebebühne darf sich nicht im Uhrzeigersinn drehen, wenn sie in der Position ist, die für das Entladen durch den Roboter erforderlich ist. Sie darf nicht gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, wenn sie in der Position ist, Werkstücke vom Zufuhrförderband entgegenzunehmen.
- 6) Falls der Kran über dem Zufuhrförderband ist, dann darf er nur zum Abtransportförderband fahren, und falls er über dem Abtransportförderband steht, darf er nur zum Zufuhrförderband bewegt werden.
- 7) Der Greifer des Krans darf nicht nach unten bewegt werden, wenn er in der Lage ist, ein Werkstück vom Abtransportförderband aufzunehmen, und er darf nicht über eine gewisse Schwelle hochgezogen werden.

#### **Verhinderung von Maschinenkollisionen**

- 8) Die Presse darf sich nur schließen, wenn sich kein Roboterarm in der Presse Ein Roboterarm darf sich nur in den Wirkungsbereich der Presse bewegen, wenn der Arm eingefahren ist oder die Presse in der Lade- oder Entladeposition ist.
- 9) Der Kran darf nicht seitlich gegen ein Förderband stoßen (kann passieren, falls der Kran vom Abtransportförderband zum Zufuhrförderband fährt, ohne den Greifer einzuziehen).
- 10) Der Kran darf nicht auf ein Förderband aufschlagen.

#### **Werkstücke dürfen nicht außerhalb sicherer Bereiche abgelegt werden**

- 11) Der Magnet des Robotergreifarms 1 darf nur abgeschaltet werden, wenn der Arm zur Presse gerichtet und ausreichend ausgefahren ist.
- 12) Der Magnet des Robotergreifarms 2 darf nur abgeschaltet werden, wenn sich der Arm über dem Abtransportförderband befindet.
- 13) Der Magnet des Krans darf nur abgeschaltet werden, wenn sich der Greifer über und ausreichend nahe dem Zufuhrförderband befindet.
- 14) Das Zufuhrförderband darf ein Werkstück nur durch die Lichtschranke befördern, wenn sich die Hebebühne in Ladeposition befindet.
- 15) Das Abtransportförderband muss angehalten werden, sobald ein Werkstück die Lichtschranke passiert hat, und darf erst wieder eingeschaltet werden nachdem der Kran das Werkstück entgegengenommen hat.

#### **Einhaltung eines Sicherheitsabstands zwischen zwei Werkstücken**

- 16) Ein neues Werkstück darf nur auf das Zufuhrförderband gelegt werden, falls die Lichtschranke 2 meldet, dass das vorhergehende Werkstück angekommen ist.
- 17) Ein neues Werkstück darf nur auf das Abtransportförderband gelegt werden, falls das vorhergehende das Ende erreicht hat.
- 18) Werkstücke dürfen nicht auf die Hebebühne gelegt werden, falls diese schon belegt ist.
- 19) Werkstücke dürfen nicht in die Presse gelegt werden, falls diese bereits beladen ist.
- 20) Falls die Hebebühne beladen ist, darf sich der Roboterarm 1 nicht über die Hebebühne bewegen, falls dieser ebenfalls beladen ist.

**Gehen Sie nach folgenden Schritten vor:**

- a) Erstellen und simulieren Sie ein NuSMV-Modell der synchronen Systemkomponenten Abtransport-Förderband, Kran, Zufuhrförderband und Hebebühne auf hoher Abstraktionsebene! Es soll sich nur ein Werkstück auf dem Zufuhrförderband befinden! Hinweis: Betrachten Sie jede Komponente als Erzeuger-/Verbraucher-System, das zwischendurch noch je einen Übergangszustand hat: z.B. `bereitZumLaden`, `Laden`, `inEntladepositionBegeben`, `bereitZumEntladen`, `Entladen` und `inLadepositionBegeben`!
- b) Ergänzen und verbessern Sie nun Ihr bisheriges Modell um die nötigen Sensoren und Lichtschranken so, dass Details der Zustände erkennbar werden. Insbesondere müssen Sie daran alle Anforderungen diese Komponenten betreffend nachweisen können!
- c) Kehren Sie erneut zum abstrakten Modell aus a) zurück und vervollständigen Sie es um die restlichen Komponenten!
- d) Nun da Sie eine komplette aber abstrakte Umsetzung der Produktionsanlage haben, orientieren Sie sich an die Detaillierung aus b) und erstellen Sie das vollständige Modell des gesamten Systems!
- e) Definieren Sie für jede Anforderung eine CTL-Formel und weisen Sie damit nach, dass Ihr Modell alle Anforderungen erfüllt!
- f) Modifizieren Sie Ihr Modell so, dass einzelne Aktionen beliebig viel Zeit benötigen (Hinweis: undeterministischer Zustandswechsel bei Sensoren)! Setzen Sie noch ein zweites Werkstück in das System und vergleichen Sie Erreichbarkeitsmenge und Korrektheit mit dem Modell aus e)!

**Viel Spaß!**